

# Aplicació web per a la visualització de la qualitat de l'aire de Barcelona mitjançant la mineria de dades d'APIs Open Access

Michelle Domínguez Martín

Juny de 2020

**Resum—** Actualment vivim en un món tecnològic en què en cada moment es generen grans quantitats de dades, les quals estan disponibles total o parcialment a Internet. A més, a causa de la pandèmia per coronavirus, la població ha hagut de canviar radicalment la seva rutina, mantenint-se a casa com a mesura de prevenció i buidant els carrers de les ciutats més concorregudes del món. Davant aquesta situació, en aquest projecte s'ha desenvolupat una aplicació web utilitzant dades obertes relacionades amb les mesures de contaminació preses a Barcelona, tenint com a objectiu analitzar l'impacte que ha tingut la COVID-19 en la qualitat de l'aire de la ciutat durant aquests mesos de paralització. Així mateix, s'han emprat dades sobre l'estat del trànsit als diferents trams de Barcelona per estudiar la seva relació amb els contaminants mesurats. D'aquesta manera, l'aplicatiu permet visualitzar els resultats obtinguts en aplicar un procés de mineria a aquestes dades a través d'un mapa i altres recursos gràfics.

**Paraules clau—** APIs públiques, Aplicació web, Barcelona, Contaminació, Dades obertes, JavaScript, Lumen, Minería de dades, PHP, Qualitat de l'aire, React, Trànsit.

**Abstract—** We are currently living in a technological world in which large amounts of data are being generated at every moment, being total or partially available on the Internet. In addition, due to the coronavirus pandemic, the population has had to radically change its routine, staying at home as a precautionary measure and emptying the streets of the busiest cities in the world. Given this situation, a web application has been developed in this project using open data related to pollution measures taken in Barcelona, with the aim of analyzing the impact that COVID-19 has had on air quality while the paralysis of the city during these months. Likewise, data on the state of traffic in the different sections of Barcelona have been used to study its relationship with the measured pollutants. In this way, the application allows you to view the results obtained by applying a data mining process to this data through a map and other graphical resources.

**Keywords—** Air quality, Barcelona, Data Mining, JavaScript, Lumen, Open APIs, Open Data, Pollution, PHP, React, Traffic, Web Application.



públiques que poden ser utilitzades sense que hi hagi gaires restriccions [2].

## 1 INTRODUCCIÓ

EN aquests temps, l'accés lliure a diferents tipus de dades deixa un món obert per a la seva exploració i explotació per part dels desenvolupadors, donant pas a la cerca de combinacions d'informació de les quals poder extreure nous coneixements [1].

Aquestes dades són accessibles a través de l'ús d'open APIs, que són interfícies de programació d'aplicacions

El dia 12 de març d'aquest any, l'Organització Mundial de la Salut (OMS) va declarar la COVID-19 com a pandèmia [3], malaltia iniciada a finals de 2019 a la Xina. Dos dies més tard, es decretava l'estat d'alarma a Espanya [4], que s'ha anat prorrogant fins al dia 19 de juny, el qual esdevé el primer dia de la "nova normalitat" per a tot resident en l'estat espanyol. Durant els darrers mesos, s'han adoptat diferents restriccions que s'han anat suavitzant a mesura que el nombre de contagis de cada regió ha anat disminuint. Al principi, abans del pla de desescalada proposat pel govern actual, la gent només podia sortir a realitzar activitats essencials, com l'aprovisionament

- E-mail de contacte: michelle.dominguez@e-campus.uab.cat
- Menció realitzada: Tecnologies de la Informació
- Treball tutoritzat per: Joan Giner Miguelez (DEIC)
- Curs 2019/20

d'aliments, situacions de necessitat o anar a treballar amb consentiment explícit. A finals d'abril, el govern va presentar un pla de desconfinament progressiu de 4 fases que es duria a terme per províncies o illes. A cada fase, d'una manera esglaonada, diferents activitats d'oci i tota mena de negocis s'han anat reobrint, amb l'objectiu d'arribar al que es coneix com a estat de nova normalitat. Durant aquest procés, en general, hi ha hagut una reducció significativa de la contaminació, deixant els nivells habituals de pol·lució de l'aire de Barcelona en un grau que no s'havia observat des de fa temps.

En aquest context, i davant la disposició de dades que ho feien possible, s'ha optat per enfocar el treball en la realització d'una eina que permet realitzar una comparativa entre les dades de trànsit i contaminació de la ciutat de Barcelona durant diferents períodes, identificant si la restricció de desplaçament en qualsevol mena de transport ha sigut un gran influent en la contaminació de l'aire de Barcelona. Això ha sigut possible gràcies a l'accessibilitat de les dades de trànsit i contaminació a través del portal de dades obertes de la Generalitat de Catalunya [5] i de l'Ajuntament de Barcelona [6], els quals ofereixen diferents APIs perquè els desenvolupadors i investigadors puguin realitzar una anàlisi a l'extreure un conjunt de resultats proveïts de valor.

Per assolir aquest objectiu, s'ha desenvolupat una aplicació que serveix com a eina de consulta sobre la relació entre aquestes dades i l'impacte que ha tingut la COVID-19 en els seus valors, fent èmfasi en les diferents fases de desconfinament anteriorment esmentades.

Per obtenir aquesta informació s'ha aplicat un procés de mineria de dades als conjunts de dades esmentats. Aquest procés consisteix en la recollida de grans quantitats de dades per analitzar-les i detectar patrons, tendències, irregularitats, o, bàsicament, informació que es desconeixia prèviament, mitjançant l'aplicació de diferents tècniques o algorismes [7]. Com a resultat s'ha obtingut la classificació de la qualitat de l'aire segons els llistats establerts per l'Índex Català de Qualitat de l'Aire (ICQA) [8] i l'Índex de Qualitat de l'Aire Metropolità (IQAM) [9], com també l'estat del trànsit segons si aquest es troba tallat, congestionat, fluid, etc.

Al llarg d'aquest document es descriuran amb més detall les diferents etapes del desenvolupament del projecte, des de la recerca d'APIs obertes i l'elecció dels *datasets* a emprar per a l'aplicatiu, fins a la implementació del *back end* i *front end* de l'aplicatiu, el qual servirà per visualitzar els resultats obtinguts de la mineria de dades.

En aquest article s'exposen els objectius del treball, l'estat de l'art pel qual respecte a la mineria de dades i les APIs de dades públiques. També es detalla la metodologia seguida durant el transcurs del projecte i els aspectes sobre el desenvolupament del mateix (base de dades, *back end* i *front end*), així com la problemàtica trobada en l'ús d'APIs de dades obertes. Finalment es presenten els resultats obtinguts i les conclusions que es poden extreure de tot el projecte realitzat.

## 2 OBJECTIUS

Els objectius d'aquest projecte són, per una banda, la realització d'una recerca extensiva sobre les diferents APIs i conjunts de dades que hi ha disponibles a Internet, amb la posterior elecció d'un subconjunt d'aquests per emmagatzemar-lo i aplicar les diferents tècniques escollides pel procés de mineria de dades.

Per l'altra banda, l'elaboració d'una aplicació web que permeti visualitzar la informació obtinguda prèviament, provinent de diferents conjunts de dades, un cop transformada o tractada. Aquestes dades es guarden i es transformaran mitjançant combinacions i associacions, per així obtenir informació que aportï un valor afegit.

L'elaboració de l'aplicació inclou, per tant, el desenvolupament d'un *back end* amb Lumen PHP, capaç d'accedir a les dades emmagatzemades per la seva consulta, modificació o eliminació, així com el disseny d'un *front end* amb ReactJS, el qual mostri la informació de manera clara i fàcilment accessible. Els *datasets* emprats s'emmagatzemen en una base de dades relacional de manera que, si les APIs emprades no estan operatives, l'aplicació pugui seguir funcionant.

L'objectiu final és, per tant, el desenvolupament d'una eina que permeti realitzar comparatives entre la contaminació i el trànsit de la ciutat Comtal en diferents períodes de temps, enfocant-se, principalment, en els efectes que ha tingut la COVID-19 i les restriccions aplicades a causa d'aquesta en els resultats obtinguts per l'aplicatiu.

## 3 ESTAT DE L'ART

La mineria de dades o *data mining* és un procés freqüentment emprat en diferents àmbits per al descobriment de nou coneixement a través de l'anàlisi de grans quantitats de dades. Aquest coneixement és resultant de l'aplicació de diverses tècniques, com ara la caracterització i discriminació, la recerca de patrons, l'anàlisi d'*outliers* (mostra o sèrie temporal de dades que no és consistent amb la resta) o d'agrupacions (*clustering*), entre altres [10]. La informació obtinguda pot ser emprada de maneres diferents, com per exemple per ajudar en la presa de decisions d'una organització o com a font de dades per a estudis científics.

El procés de *data mining* es pot classificar en quatre etapes:

1. **Determinació d'objectius i preprocessament:** és la selecció de les dades a "minar". Aquestes es poden preprocessar per eliminar informació no necessària o que afecti negativament al procés (com *outliers* o atributs no necessaris).
2. **Processament de les dades:** consisteix en normalitzar i transformar les dades perquè tinguin l'estructura necessària pels algorismes de classificació escollits.
3. **Determinació del model:** és l'aplicació de l'algorisme o la tècnica de mineria de dades escollida sobre les dades per a trobar patrons o altres relacions desconegudes prèviament.

4. **Anàlisi de resultats:** és la interpretació de les relacions obtingudes en el pas anterior per a l'obtenció del nou coneixement. Es basa en l'anàlisi de les dades resultants del procés per a extreure nova informació sobre aquestes.

Normalment, les dades utilitzades en la mineria de dades provenen de diverses fonts, com ara xarxes socials, governs i altres institucions, comerç electrònic, etc. Actualment, existeixen eines com Google Dataset Search [11], cercador de conjunts de dades de diferents repositoris d'arreu del món, que faciliten aquesta tasca.

Entre les diferents APIs disponibles a Internet, s'ha decidit focalitzar el projecte en els conjunts de dades provinents de webs d'institucions públiques per a l'elaboració d'una aplicació per visualitzar la informació d'aquestes. De tots els portals disponibles, s'han analitzat els *datasets* del Portal de Dades Obertes de la Unió Europea [12], el de la Generalitat de Catalunya [5], el de la Diputació de Barcelona [13] i, finalment, el de l'Ajuntament de la ciutat [6]. D'aquests, finalment s'han emprat les dades de la Generalitat i l'Ajuntament de Barcelona.

Pel que respecta a les eines de qualitat de l'aire, ja existeixen portals web que mostren mapes amb la informació de l'estat de la contaminació de diverses ciutats. El Visor de la Qualitat de l'Aire Metropolità [9] o el mapa disponible al web de l'Ajuntament de Barcelona [14] en són un exemple. No obstant això, aquests tenen certes limitacions, com ara calcular la qualitat de només un subconjunt dels contaminants mesurats, disposar només de la informació d'un cert període de temps, o utilitzar un únic indicador per classificar aquestes mesures en bones o dolentes. A més, generalment, no permeten realitzar comparatives de les dades de diferents períodes de temps.

Amb el desenvolupament de *L'Aire de Barcelona*, nom donat a l'aplicatiu web, s'incorporen diferents indicadors per obtenir resultats més variats i poder fer una comparativa entre aquests. A més, permet especificar els dies o períodes dels quals es volen obtenir les dades, incloent-hi la funcionalitat d'escollir una fase concreta dins de l'estat d'alarma o pla de desescalada.

## 4 METODOLOGIA

El projecte s'ha desenvolupat seguint una metodologia àgil, més concretament Scrum. En tractar-se d'un projecte d'un únic integrant, però, aquesta metodologia no s'ha seguit de manera estricta. S'han anat realitzant entregues i reunions aproximadament cada mes, en les quals el tutor del projecte ha actuat com a *stakeholder*. Aquests lliuraments, així com el llistat de tasques a realitzar durant cada període de temps, van ser planificats a l'etapa inicial del treball. Coincidint amb les entregues esmentades, els *sprints* que s'han dut a terme tenien una duració de quatre setmanes.

Durant la primera etapa de desenvolupament es va realitzar a recerca d'informació sobre la mineria de dades, les APIs disponibles per als desenvolupadors de programari i les dades que podien ser d'interès per al seu posterior ús

en el projecte. També es va fer l'elecció del conjunt de *datasets* a emprar en el procés de *data mining*. Finalment, al no disposar d'experiència prèvia, es va dedicar cert temps de recerca i anàlisi d'informació sobre les tecnologies que s'anaven a emprar.

A la segona etapa es va treballar en el disseny de la base de dades i el back end de l'aplicació. També es van plantejar els algorismes necessaris per transformar les dades i, posteriorment, es van implementar i realitzar un conjunt de proves de tota aquesta part, incloent-hi l'emmagatzemament de la informació, la transformació d'aquesta i l'automatització de tot el procés per disposar de dades actualitzades amb la major freqüència possible.

Seguidament, es van programar els *endpoints* necessaris per a la interacció entre les dues parts de l'aplicatiu, per així, passar a dissenyar i desenvolupar el front end, integrant-lo amb la part anterior.

Finalment, a la darrera etapa es va treballar en la visualització de la informació, afegint tota mena de gràfics en l'aplicació i altres funcionalitats, com la descàrrega de les dades en format *csv* o la visualització dels trams de la ciutat i l'estat en el qual es troben.

## 5 DESENVOLUPAMENT

Tal com s'ha esmentat anteriorment, el primer pas en un procés de mineria de dades és precisament la selecció de la informació a tractar.

A l'hora de fer la tria d'aquests conjunts de dades, es va tenir en compte el tipus de llicència i les condicions d'ús associades, ja que un aspecte fonamental per a la viabilitat del projecte és tenir llibertat de transformació sobre les dades. Aquestes, en tractar-se majoritàriament de dades de caràcter públic, estan regides per la llei 18/2015 [15].

Inicialment es van plantejar tres propostes de combinacions per a utilitzar com a dades d'entrada de l'aplicació web.

La primera era l'elaboració d'un calendari d'activitats organitzades a Barcelona, emprant les dades de l'Agenda cultural del Departament de Cultura de la Generalitat [16], el llistat de mercats i fires al carrer [17], l'agenda d'activitats de les biblioteques i bibliobusos de la província de Barcelona [18] i les exposicions que es realitzen [19].

La segona opció, la qual podia ser integrada en la primera, era l'elaboració d'un mapa per a turistes i visitants de pas de la ciutat de Barcelona, que incloïés els habitatges d'ús turístic reconeguts per l'Ajuntament de Barcelona [20], mostrant també informació sobre les opcions d'oci que hi ha, com ara restaurants [21] o bars de copes [22].

La darrera opció era la realització d'un estudi gràfic de la relació entre el trànsit [23], la contaminació atmosfèrica [24] o la qualitat de l'aire [25] de la ciutat.

Amb la situació que vàrem començar a viure a mitjans de Març no tenia gaire sentit escollir les primeres opcions, ja que qualsevol activitat programada va quedar suspesa. Així doncs, es va optar per triar la darrera opció i enfocar el treball en la comparativa entre els resultats

d'abans, durant i després d'aquest escenari, analitzant l'impacte que ha tingut en la qualitat de l'aire de la ciutat. A part dels *datasets* esmentats anteriorment, també s'han emprat uns altres que contenen informació sobre els contaminants que es mesuren [26], les estacions que realitzen aquestes mesures [27] i els trams de trànsit de la ciutat [28].

## 5.1 Arquitectura

L'aplicació web segueix una arquitectura de dues capes. La primera, la qual correspon al *back end*, és l'encarregada de la connexió amb la base de dades, així com la modificació, transformació i combinació de les diferents dades. També s'encarrega de l'enviament dels resultats per poder mostrar-los per pantalla. Per a programar aquesta part s'ha emprat Lumen [29], un micro-*framework* de PHP orientat a la creació d'APIs i microserveis que proporciona gran velocitat a l'hora de realitzar peticions. També facilita altres tasques comunes en el desenvolupament web, com l'encaminament i la connexió amb la base de dades.

La segona, la qual correspon al *front end*, és l'encarregada de la part amb la qual interactuen els usuaris, és a dir, la visualització de la informació. Per a la interfície d'usuari s'ha utilitzat React [30], una llibreria JavaScript de codi obert enfocada en la interfície d'usuari que facilita el desenvolupament d'aplicacions SPA (Single Page Application). Seguint el patró Model-Vista-Controlador (MVC), els models i controladors es troben en la primera part, mentre que la segona s'encarrega de la vista.

A la Figura 1 es pot observar el diagrama de flux seguit en l'aplicació. En primer lloc, es seleccionen els conjunts de dades amb els quals treballar, obtenint les dades a través d'Open APIs. Aquestes dades són processades i transformades abans de ser emmagatzemades, per així facilitar el procés posterior de mineria de dades. Seguidament, s'apliquen els algorismes escollits per tal d'obtenir el model de dades resultant. Els darrers passos són la interpretació de la informació obtinguda i la seva visualització en l'aplicació web.

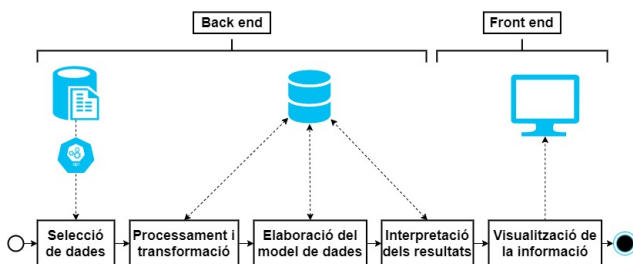


Fig. 1: Diagrama del procés del projecte

En el moment d'integrar aquestes dues parts, es va contemplar fer-ho de manera desacoblada, disposant de dues aplicacions totalment independents, o semi-desacoblada, amb les dues parts en un únic projecte. Com ja s'havia configurat l'entorn pel *back end* i la base de dades, es va optar per desenvolupar un *front-end* semi-desacoblada i així no haver de configurar un de nou. No obstant això, tal com s'han programat les dues parts de l'aplicació, es podria desacoblar del tot en qualsevol moment obtenint el mateix resultat.

## 5.2 Entorn

Per l'entorn de desenvolupament del projecte s'ha emprat una màquina virtual Vagrant [31] executada en VirtualBox [32].

Concretament, s'ha utilitzat Laravel Homestead [33], màquina que disposa de pràcticament totes les dependències dels *frameworks* emprats. També inclou tant el servidor web com el de base de dades. Només s'han instal·lat les llibreries per a la creació de mapes, gràfics i altres recursos gràfics emprats en la part del *front end*.

Un dels aspectes positius d'utilitzar aquesta màquina virtual és que disposa d'un únic arxiu de configuració, *Homestead.yml*. Aquest permet, entre altres aspectes, compartir i sincronitzar arxius entre la màquina local i la virtual i especificar la connexió (o connexions) amb les bases de dades de manera ràpida i senzilla. Tampoc és necessari configurar el servidor web, ja que Nginx [34] ve configurat per defecte.

Laravel, el *framework* del que Lumen n'és una micro-versió, proporciona un mecanisme per a la utilització de llibreries JavaScript per a la part visual de l'aplicatiu [35]. Aquest mecanisme, però, no existeix a Lumen. Tot i això, aquesta funcionalitat ha estat afegida al projecte de Lumen amb la instal·lació de Laravel-Mix [36]. Amb aquesta instal·lació es descarreguen tots els mòduls necessaris per incloure la part de React a l'aplicació de Lumen.

## 5.3 Disseny de la Base de Dades

La base de dades que utilitza l'aplicació és relacional. D'entre totes les opcions disponibles, s'ha escollit MySQL [37], la qual és la base de dades configurada per defecte a Laravel Homestead. Aquesta, s'ha implementat juntament amb el *back end*, ja que Lumen permet i facilita la creació de les taules i els controladors que calen per manipular les seves dades. A més, aquesta és l'única part que interactua amb la base de dades, ja que és on es troben els models i controladors.

El disseny que presenta la base de dades és senzill, cada element és representat com a una entitat, havent-hi un total de 10 taules, de les quals 8 són per emmagatzemar les dades de les APIs obertes i 2 pels resultats calculats. Es pot trobar el diagrama entitat-relació en l'apèndix A.5.

De les dades de contaminació obtingudes dels portals Open Data Barcelona [25] i Dades Obertes Catalunya [24] s'emmagatzema el seu identificador, el del contaminant al qual fa referència, el de l'estació a la qual s'ha pres la mesura, la data, i els valors mesurats a cada hora seguits d'un camp que especifica si aquests valors han estat validats.

Pel que fa als contaminants [26], s'emmagatzema el seu identificador, el símbol i les unitats.

De les estacions de mesura [27] s'emmagatzema el nom, ubicació, coordenades, i els codis amb els quals s'identifiquen. S'ha creat una taula pivot per a mantenir la relació entre les estacions i els contaminants que hi són mesurats en cadascuna d'aquestes.

Per facilitar els càlculs a l'hora de crear el model de dades, hi ha una taula que emmagatzema els valors llinars per la classificació de la qualitat d'aire (bo, moderat, regular, dolent o molt dolent), per cada contaminant i indicador.

Respecte als resultats, emmagatzemats després de realitzar els càlculs del procés de mineria de dades, s'indica la classificació de cada mesura per hores. També s'inclou l'identificador del contaminant, estació i mostra (o mostres, en el cas d'existir en les dues taules de mostres) de les quals s'ha obtingut el resultat.

Les taules de trams i estats, tal com els seus noms suggereixen, emmagatzemen la informació de cada tram de la ciutat i les seves coordenades i, en el cas dels estats, la data, el tram al qual fa referència i l'estat actual i previst del trànsit de la zona.

Els resultats de trànsit tenen una estructura semblant als de la qualitat de l'aire. D'aquests, s'emmagatzema l'identificador del tram al qual pertanyen, la data i l'estat en el qual es troba per hores.

## 5.4 Back end

Tal com s'havia dit prèviament, Lumen destaca per ser un *micro-framework* enfocat a la creació d'APIs. Per aquest motiu, el *back end* del projecte és una API en la qual el *front end* demana les dades dels resultats. Aquests *endpoints* han sigut provats amb Postman [38], programari que serveix per realitzar peticions HTTP.

Els *endpoints* de l'aplicació es poden separar en dos grups: per una banda, aquells que serveixen per inserir les dades provinents dels portals de dades obertes i, per una altra banda, els que utilitza el *front end* per rebre els resultats.

### 5.4.1 Emmagatzemament de les dades

Un cop creada la base de dades, la inserció de registres s'ha realitzat fent ús dels models Eloquent [39] de Laravel, que són classes que representen les diferents taules presents en l'esquema. Cadascun d'aquests models té el seu propi controlador, que és on es troba la lògica associada a la creació de registres de cada model (operacions CRUD).

Aquests models inclouen diversos mètodes amb els quals es simplifica la interacció amb la BBDD, tant per la consulta com per la creació, eliminació o modificació de registres en aquesta, sense haver de recórrer a codi SQL. També és on s'especifiquen les relacions de pertinença entre les diferents taules. Aquestes relacions són *belongs-To* (especificant que el model en qüestió pertany a una instància d'un altre model), *belongsToMany* (el mateix que l'anterior, però pertanyent a més d'una instància), i *hasMany* (relació en la qual una instància d'un model té relació amb diverses instàncies d'un altre).

Aquesta inserció de dades forma part d'un altre controlador, que s'encarrega de fer les peticions a les APIs públiques. En aquest cas, s'ha fet servir el client HTTP Guzzle [40], tot i que es podrien haver emprat alternatives que no requereixen la instal·lació de cap nova dependència.

La primera tasca que es realitza un cop s'obtenen les dades és el preprocessament d'aquestes. Aquest preprocessament consisteix en l'eliminació d'atributs que no són necessaris, com per exemple la informació referent a

l'estació de mesura i el contaminant del *dataset* del portal de Dades Obertes de Catalunya. Aquesta informació s'obté de les taules específiques d'aquests elements, pel qual no és necessari tenir la mateixa informació replicada en dues taules.

El mateix succeeix amb el codi de província i municipi dels registres de les estacions de mesura, ja que totes corresponen a Barcelona i, per tant el codi és el mateix en tots els registres i no proporciona cap informació.

D'aquesta manera, es disposa d'un esquema amb només aquells atributs necessaris a l'hora de calcular resultats, i els mètodes necessaris per a la interacció amb la base de dades.

Les dades de contaminació són actualitzades cada hora, mentre que les dades sobre l'estat de trànsit ho fan cada 10 minuts.

### 5.4.2 Processament i transformació

Per tal de facilitar l'ús dels algorismes necessaris per a l'obtenció de resultats, s'han d'aplicar diverses transformacions a les dades emmagatzemades.

La primera tasca que es realitza és la conversió de les dades de JSON a Array, per així facilitar l'accessibilitat a aquestes. En el cas d'alguns dels *datasets*, com ara el dels estats de trànsit [23] (originalment en format *csv*) i el de les mesures de contaminació [25], abans s'ha de realitzar la conversió a JSON.

Seguidament, es realitza la conversió de les variables al tipus que espera rebre la base de dades (*integer*, *double*, *string*, etc.). En el cas dels registres sense identificador únic al *dataset*, com és el cas dels estats de trànsit, se'ls ha assignat un utilitzant combinacions dels atributs que sí que eren presents. L'identificador de les mostres del portal de dades de Barcelona també s'ha hagut de calcular perquè mantingués el mateix format que el de les dades del portal de Dades Obertes de Catalunya.

Un cop aplicat aquest processament és quan les dades són emmagatzemades a la base de dades per a la seva utilització.

### 5.4.3 Determinació del model

Per a l'elaboració del model de dades de les mostres de contaminació s'ha fet ús de dos indicadors de qualitat de l'aire: l'Índex Català de Qualitat de l'Aire (ICQA) [8] i l'Índex de Qualitat de l'Aire Metropolità (IQAM) [9].

Amb el primer es classifiquen les mesures dels contaminants O3 (Ozó), PM10 (partícules de pols, pol·len, metalls, etc. en suspensió de menys de 10  $\mu\text{m}$  de diàmetre), CO (monòxid de carboni), SO2 (diòxid de sofre) i NO2 (diòxid de nitrogen) com a bones, regulars o pobres.

El segon permet classificar com a bo, moderat, regular, dolentes i molt dolent el valor de les mesures dels contaminants O3, PM10 i NO2.

Els valors llinars utilitzats en cada contaminant es troben a la taula (1), mentre que a la taula (2) hi ha l'equivalència entre els colors i la qualificació de les mesures.

Per a calcular els resultats a mostrar, s'ha aplicat a les

TAULA 1: VALORS LLINDAR DE CADA CONTAMINANT PER INDICADOR.

		Indicadors de qualitat							
		ICQA				IQAM			
Mesures ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	SO <sub>2</sub>	0-200	201-350	351-500	>500				
	CO	0-5	6-10	11-15	>15				
	NO								
	NO <sub>2</sub>	0-90	91-200	201-400	>400	0-39	40-139	140-159	160-199
	PM <sub>10</sub>	0-35	36-50	51-75	>75	0-19	20-39	40-49	50-79
	NO <sub>x</sub>								
	O <sub>3</sub>	0-110	111-180	181-240	>240	0-54	55-109	110-179	180-239
								200-239	>239

dades un algorisme que realitza la classificació esmentada anteriorment. Aquest també realitza el càlcul de la mitjana diària, així com els valors màxim i mínim de cada mostra. Un cop categoritzades les dades de cada estació de mesura, es calcula el valor mitjà de totes aquestes per a la visualització de resultats de períodes concrets.

Es pot trobar informació sobre els contaminants presents a l'atmosfera i les seves fonts principals al portal web del Departament de Territori i Sostenibilitat de la Generalitat de Catalunya [41].

En el cas del model dels resultats de trànsit, hi ha considerablement més quantitat de dades a tenir en compte, ja que aquestes són actualitzades cada 10 minuts i hi ha aproximadament 500 punts de mostreig (trams) diferents. Per aquest cas també es calculen els resultats de cada hora i del dia en general, s'emmagatzemen les mitjanes de cada franja horària i posteriorment s'obté la qualificació general d'aquell dia per cada tram. Finalment es calcula la qualificació general de tots els trams.

Els resultats es classifiquen en sis categories diferents: tallat, congestionat, molt dens, dens, fluid, molt fluid o sense dades. En el cas de no haver dades, a l'hora de fer les mitjanes es contempla de manera optimista, assumint que l'estat en aquell moment no és cap dels quatre primers esmentats.

Amb el model elaborat es pot conèixer la qualificació de les mesures de cada hora i la mitjana, màxima i mínima d'aquestes. Aquests són els valors amb els quals es realitza la interpretació dels resultats en apartats posteriors.

## 5.5 Front end

El *front end* de l'aplicatiu està format per dues pestanyes. La primera (Figura 2) consisteix en un mapa interactiu en el qual es poden observar els nivells de contaminació de les diferents estacions de mesura de la ciutat de Barcelona per un dia en concret, així com els trams i el seu estat.

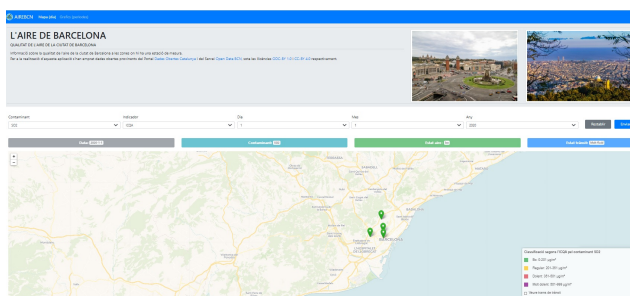


Fig. 2: Pàgina principal de l'aplicació web amb el mapa

TAULA 2: CORRESPONDÈNCIA ENTRE COLORS I QUALIFICACIÓ DE L'AIRE.

Qualificació de la qualitat de l'aire					
	Bo	Moderat	Regular	Dolent	Molt dolent
ICQA		No contemplat			
IQAM					

Al mapa, cada estació correspon a un marcador que indica la classificació de la mesura presa segons el color d'aquest, de manera que quan l'usuari fa clic a qualsevol d'aquestes, apareix la informació detallada per hores, així com informació de l'estació on s'ha pres la mesura. Aquest mapa s'ha creat emprant la llibreria React-Leaflet, abstracció de la llibreria Leaflet [42].

A sota d'aquest mapa es troba un gràfic amb els resultats (mesura i qualificació) de contaminació i trànsit, elaborat amb react-chartjs-2 [43], paquet específic per a react de la llibreria ChartJS.

A l'accedir a l'aplicatiu es mostren els resultats per la data actual del primer contaminant i indicador trobat. L'usuari pot, en qualsevol moment, especificar un altre contaminant, indicador o data, i enviar el formulari que apareix per pantalla per a visualitzar els resultats demanats.

A la segona pestanya (Figura 3) es troba un cercador de resultats per períodes de temps o dues dates, en el qual l'usuari pot especificar si vol obtenir les dades de contaminació, temps, o les dues.

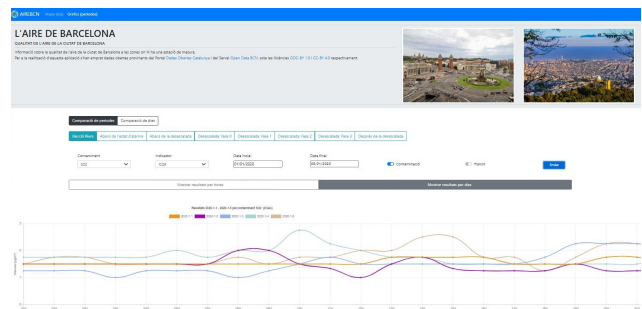


Fig. 3: Pestanya de la comparació de resultats per períodes

A la comparació de períodes, inicialment es mostren les dades del dia actual i l'anterior, pel primer contaminant i indicador trobat.

Aquestes dades es presenten en forma de gràfic i, a diferència dels gràfics de la pestanya anterior, on l'eix horitzontal són les 24H del dia, en aquest ho són les dates pertanyents al període de temps indicat. No obstant això, l'usuari pot escollir visualitzar les dades per hores.

A més d'indicar la data inicial i final de les dades, l'usuari té a la disposició un conjunt de botons per escollir qualsevol de les fases de l'estat d'alarma, de manera que aquestes dates s'estableixen automàticament. També pot indicar si vol obtenir els resultats sobre contaminació, trànsit, o la combinació dels dos. Aquests gràfics també s'han elaborat emprant ChartJS [43].

Totes les dades que es mostren en l'aplicació poden ser emmagatzemades per l'usuari, ja que a totes les pestanyes hi ha les taules amb els resultats corresponents i un botó per descarregar-los en format *csv*.

Per a l'estil de la pàgina web s'ha fet ús de Bootstrap [44] i React-Bootstrap [45].

### 5.5.1 Anàlisi de resultats

Els resultats calculats poden ser obtinguts realitzant crides als *endpoints* del *back end* pertinents. Aquestes crides poden incloure paràmetres de consultes que són emprades com a filtre a l'hora de retornar els resultats.

L'extracció de nous coneixements sobre aquests resultats és una tasca que és realitzada amb el suport dels recursos gràfics emprats en el *front end* de l'aplicatiu.

En el cas del mapa, per exemple, es poden observar les zones a les quals hi ha més contaminació segons el color del marcador de l'estació de la mesura. També permet observar si hi ha una relació entre aquests i l'estat de trànsit dels trams més propers. A més, es poden fer comparacions de les mesures d'un mateix contaminant en dates diferents, així com comparar la classificació obtinguda per a la mateixa mostra segons els diferents indicadors disponibles, o analitzar si les franges horàries en les quals es troba el valor més alt i més baix mesurat coincideixen entre diferents contaminants i dates per tal de poder trobar-ne un motiu.

En el cas de la cerca de resultats de dos dies o d'un període determinat, les conclusions que es poden extreure són semblants. En aquest cas, però, la relació entre el trànsit i les mesures de contaminació es fa de manera més general, ja que no es mostra informació concreta sobre les estacions ni els trams, sinó que és resultat d'una mitjana d'aquesta.

Les conclusions que s'han pogut extreure de l'anàlisi d'aquest projecte es troben a l'apartat 6 de l'article.

## 5.6 Problemàtica en l'ús d'Open APIs

A l'hora de treballar amb les APIs obertes, s'han trobat certs problemes i inconsistències que han dificultat el seu ús. Aquesta problemàtica fa referència a la informació proporcionada pels *datasets* (tant els escollits com els contemplats), la seva disponibilitat, i les dificultats trobades a l'hora d'emmagatzemar i tractar aquestes dades.

En primer lloc, un dels catàlegs del qual s'havia contemplat el seu ús, ha sigut eliminat o, almenys, ja no és accessible. Concretament, era un *dataset* sobre els habitatges d'ús turístic de la ciutat de Barcelona. El motiu de l'eliminació radica possiblement en la suspensió de qualsevol activitat de turisme degut a la COVID-19 [20].

En segon lloc, hi ha catàlegs en els quals les dades es presenten en un format diferent de l'indicat en el portal. El *dataset* de preus i carburants de les gasolineres espanyoles [46] n'és un exemple: s'ofereixen les dades en format JSON, però a l'accedir a aquestes no estan en aquest for-

mat. Aquest problema, però, només afecta la visualització de la informació mitjançant un navegador web, ja que si es realitza la petició al *dataset* indicant a la capçalera d'aquesta el tipus de dades que s'espera rebre, el servei funciona correctament.

En tercer lloc, la nomenclatura emprada en alguns *datasets* pel que fa al nom de l'arxiu de dades dificulta la utilització d'aquests mateixos per part dels desenvolupadors. A la majoria de catàlegs de dades, quan les dades es publiquen mensualment, també hi ha un arxiu amb un nom "genèric" amb les dades més recents. En el cas del catàleg sobre el trànsit a Barcelona [23], però, les dades només estan classificades mensualment en format *csv*.

En quart lloc, l'estructura que segueixen els *datasets* de mostres de la qualitat de l'aire de la ciutat de Barcelona [25] i les estacions de mesura [27] va ser modificada l'any anterior, pel qual els atributs de les mostres prèvies al 4/4/19 són diferents dels que s'utilitzen actualment. Això dificulta la seva utilització, ja que s'haurien de tenir en compte ambdues versions a l'hora d'emmagatzemar les dades.

En cinquè lloc, a les dades de les mostres provinents de l'Ajuntament de Barcelona [25] apareixen identificadors de contaminants que no existeixen al *dataset* de contaminants disponibles en la mateixa API. El mateix succeeix, tant en el *dataset* de l'Ajuntament de Barcelona com en el de la Generalitat de Catalunya [26], amb una estació de mesura, la qual s'ha pogut afegir manualment obtenint la informació necessària a través d'Internet. En afegir aquesta estació, s'ha observat que el codi de districte de l'estació de l'Eixample era erroni. Aquesta modificació també s'ha realitzat manualment, aprofitant l'*endpoint* de modificació d'estacions programat. Al *dataset* de la informació sobre l'estat de trànsit [24] també es fa referència al tram amb IDs que no apareixen al *dataset* de trams [28] de la mateixa API.

En sisè lloc, tot i que les dades de contaminació dels dos *datasets* emprats en el projecte provenen de la Xarxa de Vigilància i Previsió de la Contaminació Atmosfèrica [47], es presenten diferències entre mesures de la mateixa estació i data, sobretot valors que falten a un dels *datasets* però a l'altre no. Per a solucionar aquest problema, a l'hora de calcular els resultats es comprova el valor de cada registre en els dos *datasets*.

En vuitè lloc, el portal Open Data BCN disposa d'una API per a realitzar consultes sobre *datasets* en format *csv* i obtenir el resultat en format JSON. En utilitzar aquesta API per accedir a les mostres de qualitat de l'aire, en comptes d'obtenir els resultats del dia actual i tres dies anteriors (que és el que especifica el portal), s'obtenen dades mesurades a finals de 2019. Malgrat això, si es descarrega l'arxiu *csv* sí que s'obtenen les dades correctes.

En penúltim lloc, al *dataset* de la Generalitat de Catalunya [24] sobre les mostres de contaminació hi ha dades duplicades, ja que s'utilitza la data per generar l'identificador de cada registre i els valors del dia i el mes d'aquesta està en format de dues i una xifra (01 i 1 per a les



01h, per exemple).

Finalment, cal esmentar que hi ha hagut dies en els quals els *datasets* de l'Ajuntament de Barcelona no han estat disponibles. Tot i que això no ha passat més de tres dies, és un aspecte a destacar, ja que no s'informa per enlloc el motiu d'aquesta falta de disponibilitat. A més, els arxius històrics dels estats de trànsit no han sigut actualitzats durant els darrers mesos a causa de la situació que s'està vivint, pel qual les dades estan incompletes.

## 6 RESULTATS OBTINGUTS

En aquesta secció es mostren els resultats obtinguts de la comparativa entre els valors dels contaminants abans, durant i després de la COVID-19.

L'aplicació mostra els valors de la qualitat d'aire de cinc contaminants: SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> i O<sub>3</sub>. En el cas del NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> i O<sub>3</sub>, es poden visualitzar la qualificació resultant d'aplicar tant l'indicador IQAM com ICQA, mentre que per la resta només està disponible aquest últim. A més, a les estacions de mesura no es quantifiquen les mesures de tots els contaminants:

- Els valors de SO<sub>2</sub> i CO són mesurats a les estacions de l'Eixample, Gràcia, Palau Reial i Vall Hebron.
- Els valors de NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> i PM<sub>10</sub> són mesurats a les estacions de Ciutadella, l'Eixample, Gràcia, Palau Reial, Poblenou, Sants, Vall Hebron i Observatori Fabra (és a dir, a les vuit estacions de l'àrea metropolitana)
- L'O<sub>3</sub> és mesurat a les estacions de Ciutadella, Gràcia, Palau Reial, Vall Hebron i Observatori Fabra.

Dels contaminants NO (monòxid de nitrogen) i NO<sub>x</sub> (NO+NO<sub>2</sub>), tot i aparèixer al *dataset* de contaminants del Portal de Dades Obertes de Barcelona, no hi ha mesures, per tant no s'han pogut analitzar els seus valors.

Tal com s'avançava a la secció 5.5.1, les conclusions que es poden extreure sobre els resultats calculats són les zones amb més contaminació i/o trànsit, les diferències entre les qualificacions obtingudes pels diferents indicadors, les hores a les quals és més (o menys) freqüent que les mesures siguin elevades, etc.

També es poden observar les diferències entre els resultats obtinguts abans, durant i en el moment actual en què ens trobem per la malaltia de coronavirus, que és en l'aspecte en el qual s'ha focalitzat l'anàlisi d'aquest treball.

Dels cinc contaminants que permet classificar l'aplicació, aquells on s'observa més variació entre les mesures preses abans i després de l'estat d'alarma són el monòxid de nitrogen (NO<sub>2</sub>) i les partícules en suspensió (PM<sub>10</sub>). En els resultats del diòxid de sofre (SO<sub>2</sub>) i l'ozó (O<sub>3</sub>) no s'observa cap relació entre la fase de la mesura i el valor (vegeu A.6). En el cas del monòxid de carboni, tot i que quan entra l'estat d'alarma baixen les emissions, aquesta reducció es manté durant l'aixecament de l'estat d'alarma, per tant no es pot assegurar que hi hagi relació amb les restriccions per la COVID-19.

Pel que fa al NO<sub>2</sub>, durant el confinament va millorar entre un 60 i un 55%, quedant reduït en el moment de finalitzar l'estat d'alarma. Es poden veure les mesures de cada fase a la Figura 4.

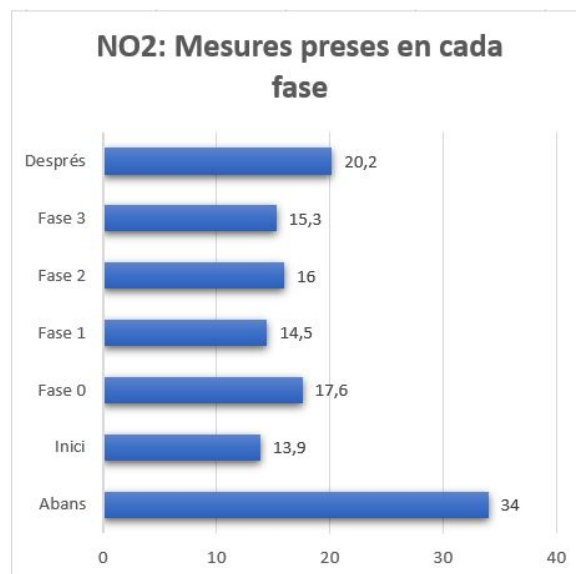


Fig. 4: Mitjana per fase dels resultats obtinguts pel NO<sub>2</sub> en µg/m³

Respecte a les del PM<sub>10</sub>, el percentatge de millora és menor al del contaminant anterior, però tot i això, les seves mesures van reduir-se en un 35% aproximadament. Encara que, en el moment de finalitzar l'estat d'alarma, la diferència entre els valors actuals i els anteriors és només d'un 5% (Figura 5).

A l'apèndix (A.7, A.8) es poden trobar captures dels resultats obtinguts directament de l'aplicació desenvolupada en el projecte.

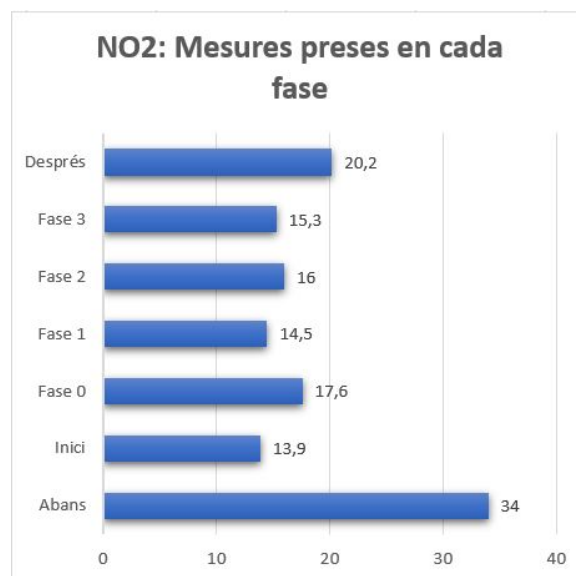


Fig. 5: Mitjana per fase dels resultats obtinguts per les PM<sub>10</sub> en µg/m³



La falta de relació entre la fase de l'estat d'alarma i el valor de la mesura presa és deguda a la font d'emissió de cada contaminant. Aquells en els quals la diferència ha sigut més notable són els contaminants originats per alguna font relacionada amb el trànsit, com ara la combustió de carburants o els residus de pneumàtics que es van desprent.

Tot i que la idea inicial era comprovar la relació entre contaminació i trànsit emprant les dades sobre els estats de cada tram de la ciutat, això no ha estat possible, ja que els resultats generals són, majoritàriament, que l'estat es troba fluid o molt fluid. No obstant això, la mateixa disminució dels valors mesurats a cada estació indica aquesta relació, ja que tal com s'ha dit abans, els contaminants que han reduït els seus valors són aquells originats degut al trànsit de la ciutat.

A l'hora d'analitzar els resultats, sobretot pel que respecta a la relació entre contaminació i trànsit, s'ha de tenir en compte que l'algorisme emprat per obtenir els estats de trànsit és optimista, perquè quan no hi ha dades d'un tram en concret es classifica com si no hi hagués congestió. A més, a l'hora de calcular els resultats diaris, es fa una mitjana dels valors de cada tram, els quals són més de 500, pel qual no és possible veure reflectits casos en els quals, per exemple, hi hagi certes zones tallades i/o congestionades. Si la majoria de trams presenten una circulació fluida, és difícil que el resultat diari sigui un valor diferent.

Es podria afirmar que la disminució de la mobilitat de la població ha tingut un impacte positiu en la contaminació de la ciutat, tot i que aquest és poc visible si s'observen només les mitjanes diàries de cadascun d'ells.

## 7 CONCLUSIONS

Amb la realització d'aquest projecte, s'ha desenvolupat una aplicació web amb la qual no només es visualitza, sinó també es compara i s'analitza la qualitat de l'aire i l'estat del trànsit de la ciutat de Barcelona.

Aquesta serveix com a eina de consulta i de recerca, ja que inclou la descàrrega de les dades que es mostren, i permet obtenir els resultats d'un dia en concret o d'un període determinat per l'usuari.

Tal com s'ha pogut comprovar, les mesures de NO<sub>2</sub> i PM<sub>10</sub> han sigut les que més han disminuït durant el confinament, possiblement és degut al fet que són contaminants que provenen, principalment, del trànsit i de pròpia combustió dels motors dels vehicles.

Tot i que aquest projecte s'ha centrat en els resultats obtinguts abans, durant i després de la situació d'estat d'alarma, poden visualitzar-se les dades obtingudes des de l'any 2015 fins a la data actual, ja que aquestes s'actualitzen amb periodicitat. En el cas del trànsit només estan disponibles els resultats del 2020, però es podrien afegir dades més antigues sense haver de modificar el codi de l'aplicació.

De cara a futur, l'aplicació està programada de ma-

nera que es poden afegir nous indicadors, estacions i contaminants sense afectar a la seva implementació. També seria possible l'ampliació de *front end* de manera que hi hagués més pestanyes a les quals podria aparèixer, per exemple, el llistat de contaminants, trams, o estacions utilitzades en aquesta. El *back end* ja està programat per a poder oferir les dades de qualsevol de les taules amb les quals s'ha treballat.

També es podria incloure informació sobre les fases d'episodis de la contaminació [48] de la ciutat mantenint un recompte dels dies en els quals les mostres superen els límits establerts.

Finalment, aquest treball ha servit per adquirir nous coneixements pel que respecta al desenvolupament web, així com per consolidar aquells que ja tenia. A més, ha estat una oportunitat per treballar amb una nova font d'informació, com són els portals de dades obertes.

S'ha pogut posar en pràctica un procés de mineria de dades emprant *datasets* que s'actualitzen diverses vegades per dia, automatitzant l'emmagatzemament tant de les dades com dels resultats.

A més, ha servit per estudiar l'impacte que ha tingut la COVID-19, tant en la contaminació com en el trànsit de la ciutat de Barcelona, tot i que la hipòtesi inicial és que aquest impacte es veuria més reflectit.

Finalment, aquesta aplicació es podria adequar per altres situacions, com per exemple analitzar l'impacte en la contaminació segons les condicions climatològiques o durant els dies festius o de celebració popular.

## AGRAÏMENTS

En primer lloc, vull agrair al meu tutor, Joan Giner, per la seva tutorització i l'aportació de suggerències que han pogut fer d'aquest projecte un treball millor.

En segon lloc, als meus familiars i amics, per donar-me ànims i motivar-me durant tota l'elaboració del projecte.

Finalment, vull agrair a la meua parella, Joel Orellana, amb qui he tingut el plaer de compartir aquests anys de carrera, tot el suport brindat des del primer moment, especialment en els moments en els quals pensava que no me'n sortiria.

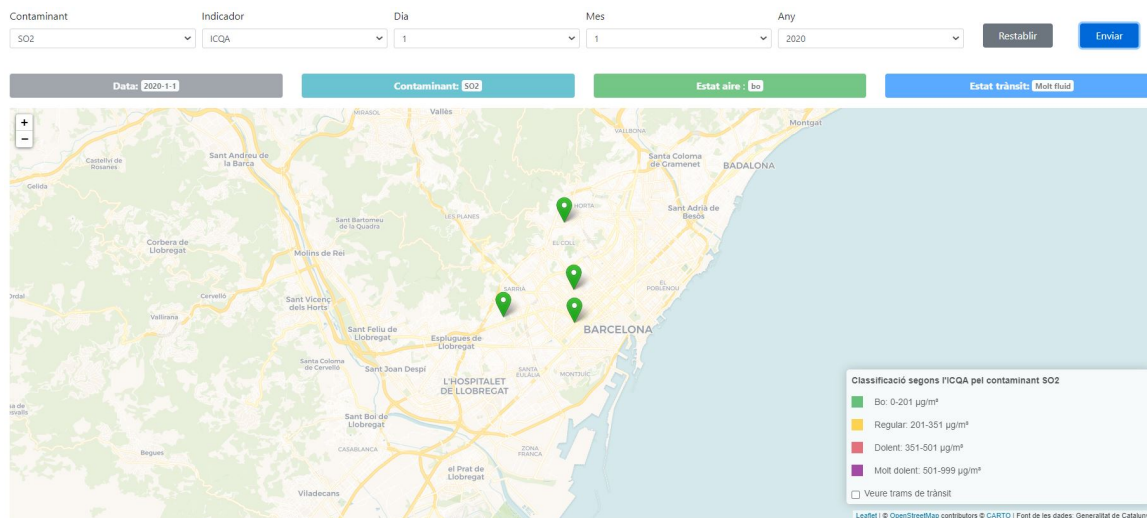
## REFERÈNCIES

- [1] Open Data Handbook. <https://opendatahandbook.org/guide/es/why-open-data/>.
- [2] What is an Open API and How Does it Work? <https://searchapparchitecture.techtarget.com/definition/open-API-public-API>.
- [3] WHO - COVID-19 pandemic. <https://www.euro.who.int/en/health-topics/health-emergencies/coronavirus-covid-19/news/news/2020/3/who-announces-covid-19-outbreak-a-pandemic>.
- [4] BOE.es - BOE-A-2020-3692. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2020-3692>.

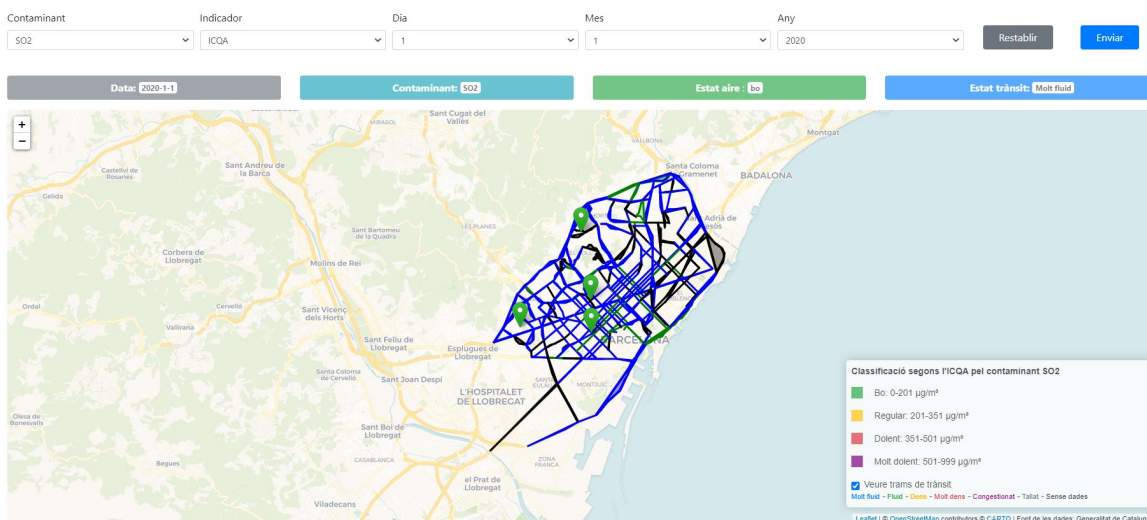
- [5] Dades obertes de Catalunya. <https://analisi.transparenciacatalunya.cat/>.
- [6] Open Data Barcelona. <https://opendata-ajuntament.barcelona.cat/data/ca/dataset>.
- [7] Internet Security Center — Kaspersky. <https://latam.kaspersky.com/resource-center/definitions/data-mining>.
- [8] Departament de Territori i Sostenibilitat — ICQA. [http://mediambient.gencat.cat/ca/05\\_ambits\\_dactuacio/atmosfera/qualitat\\_de\\_laire/avaluacio/icqa/](http://mediambient.gencat.cat/ca/05_ambits_dactuacio/atmosfera/qualitat_de_laire/avaluacio/icqa/).
- [9] Qualitat de l'aire. Àrea Metropolitana de Barcelona. <https://visorqualitataire.amb.cat/#>.
- [10] Data Mining: Concepts and Techniques - Jiawei Han, Jian Pei, Micheline Kamber - Google Books. <https://books.google.es/books?hl=en&lr=&id=pQws07tdpjoC&oi=fnd&pg=PP1&dq=J.+Han,+M.+Kamber,+and+J.+Pei,+Data+mining:+concepts+and+techniques>.
- [11] Google Dataset Search. <https://datasetsearch.research.google.com/>.
- [12] Datasets — European Union Open Data Portal. <https://data.europa.eu/euodp/en/data/dataset>.
- [13] API Dades Obertes - Diputació de Barcelona. <https://do.diba.cat/data/>.
- [14] Qualitat de l'aire — Ajuntament de Barcelona. <https://ajuntament.barcelona.cat/qualitataire/ca>.
- [15] BOE.es - Documento BOE-A-2015-7731. [https://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2015-7731](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2015-7731).
- [16] Agenda cultural de Catalunya — datos.gob.es. <https://datos.gob.es/es/catalogo/a09002970-agenda-cultural>.
- [17] Mercados y ferias — datos.gob.es. <https://datos.gob.es/es/catalogo/101080193-mercados-y-ferias>.
- [18] Bibliotecas y bibliobuses — datos.gob.es. <https://datos.gob.es/es/catalogo/102000008-bibliotecas>.
- [19] Exposiciones — datos.gob.es. <https://datos.gob.es/es/catalogo/102000008-exposiciones>.
- [20] Vivendes d'ús turístic - Ajuntament Barcelona. <https://meet.barcelona.cat/habitatgesturistics/es>.
- [21] Restaurantes de la ciudad de Barcelona — datos.gob.es. <https://datos.gob.es/es/catalogo/101080193-listado-de-restaurantes>.
- [22] Música y copas - ciudad de Barcelona — datos.gob.es. <https://datos.gob.es/es/catalogo/101080193-espacios-de-musica-y-copas>.
- [23] Estat del trànsit de la ciutat de Barcelona — datos.gob.es. <https://datos.gob.es/es/catalogo/101080193-informacion-estado-del-transito>.
- [24] Dades d'immissió dels punts de mesurament de la XVPKA — Dades obertes de Catalunya. <https://analisi.transparenciacatalunya.cat/Medi-Ambient/Dades-d-immissi/uy6k-2s8r>.
- [25] Qualitat de l'aire Open Data Barcelona. <https://opendata-ajuntament.barcelona.cat/data/ca/dataset/qualitat-aire-detall-bcn>.
- [26] Contaminants Open Data Barcelona. <https://opendata-ajuntament.barcelona.cat/data/ca/dataset/contaminants-estacions-qualitat-aire>.
- [27] Estacions de mesura - Open Data Barcelona. <https://opendata-ajuntament.barcelona.cat/data/ca/dataset/qualitat-aire-estacions-bcn>.
- [28] Relació trams via pública - Open Data Barcelona. <https://opendata-ajuntament.barcelona.cat/data/ca/dataset/transit-relacio-trams>.
- [29] Lumen - PHP Micro-Framework By Laravel. <https://lumen.laravel.com/>.
- [30] React. <https://reactjs.org/>.
- [31] Vagrant. <https://www.vagrantup.com/>.
- [32] Oracle VirtualBox. <https://www.virtualbox.org/>.
- [33] Laravel Homestead - Laravel. <https://laravel.com/docs/7.x/homestead>.
- [34] NGINX. <https://www.nginx.com/>.
- [35] JavaScript & CSS Scaffolding. <https://laravel.com/docs/master/frontend#using-react>.
- [36] Laravel Mix. <https://laravel-mix.com/>.
- [37] MySQL. <https://www.mysql.com/>.
- [38] Postman. <https://www.postman.com/>.
- [39] Eloquent. <https://laravel.com/docs/eloquent>.
- [40] Guzzle. <http://docs.guzzlephp.org/>.
- [41] Contaminants. [http://mediambient.gencat.cat/ca/05\\_ambits\\_dactuacio/atmosfera/qualitat\\_de\\_laire/](http://mediambient.gencat.cat/ca/05_ambits_dactuacio/atmosfera/qualitat_de_laire/).
- [42] React-Leaflet. <https://react-leaflet.js.org/>.
- [43] React Chart.js. <https://github.com/jerairrest/react-chartjs-2>.
- [44] Bootstrap. <https://getbootstrap.com/>.
- [45] React-Bootstrap. <https://react-bootstrap.netlify.app/>.
- [46] Preu de carburants — datos.gob.es. <https://datos.gob.es/ca/catalogo/e04990201-precio-de-carburantes>.
- [47] Xarxa de Vigilància i Previsió de la Contaminació Atmosfèrica. <http://mediambient.gencat.cat/ca/detalls/Articles/Xarxa-00001>.
- [48] Episodis de contaminació. <http://www.amb.cat/es/web/ecologia/sostenibilitat/qualitat-de-laire/episodis-de-contaminacio>.

## APÈNDIX

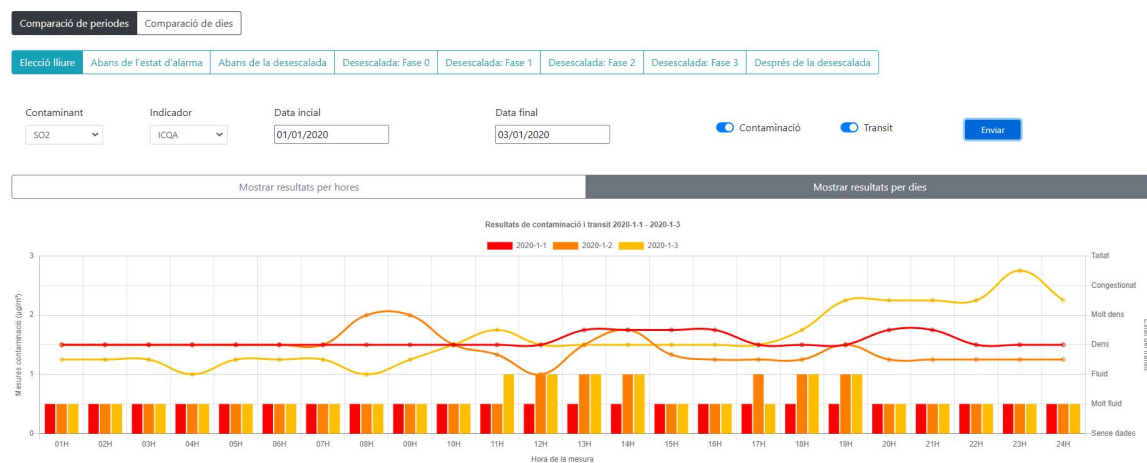
### A.1 Aplicació web: mapa sense trànsit



### A.2 Aplicació web: mapa amb trànsit



### A.3 Aplicació web: gràfics



## A.4 Aplicació web: taules

Mostrant els resultats mesurats el 1/1/2020 pel contaminant SO2 amb l'indicador ICQA

BO					REGULAR										DOLENT								MOLT DOLENT					
0-201 µg/m³					201-351 µg/m³										351-501 µg/m³								501-650 µg/m³					
ESTACIÓ	01H	02H	03H	04H	05H	06H	07H	08H	09H	10H	11H	12H	13H	14H	15H	16H	17H	18H	19H	20H	21H	22H	23H	24H	MAXIM	MINIM	MITJANA	QUALIF.
Exemple	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	01H	01H	1.00	bo
Gràcia	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	01H	01H	1.00	bo
Vall Hebron	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	2	2	2	20H	01H	2.08	bo
Palau Reial	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	13H	01H	2.17	bo

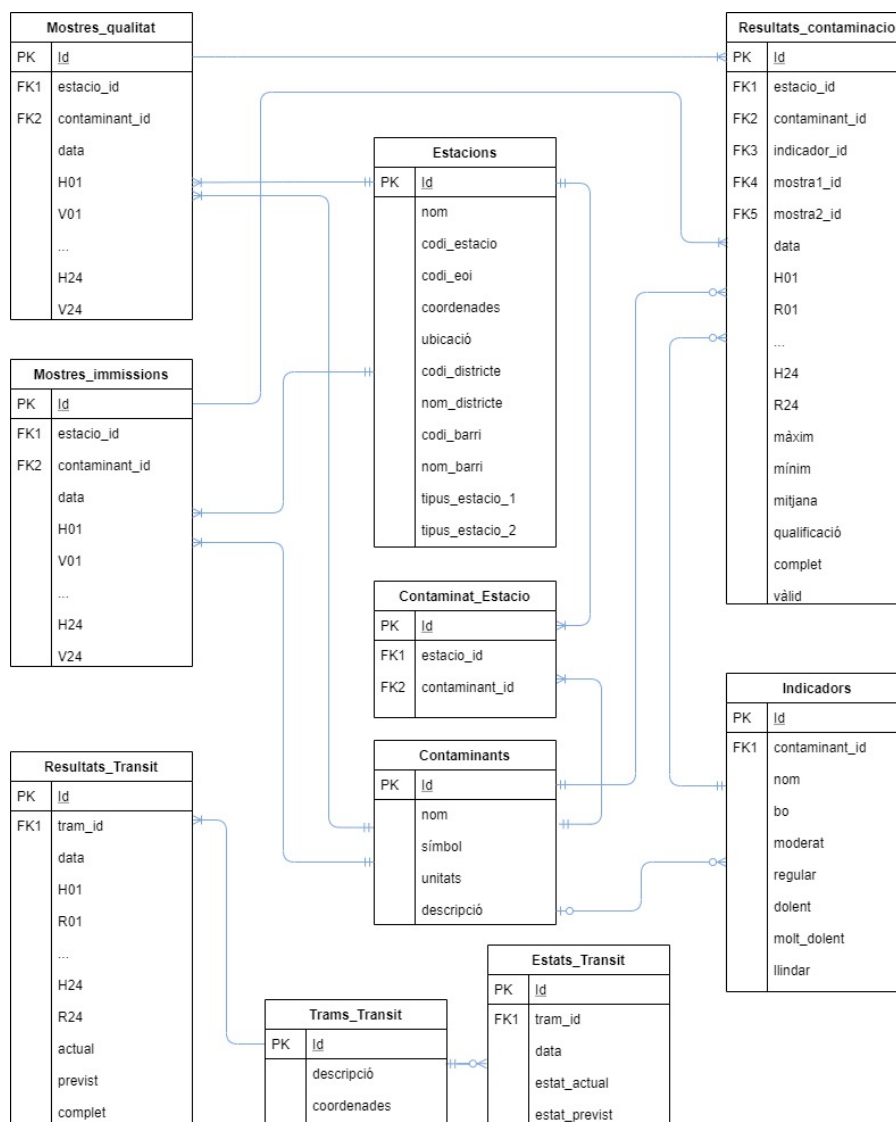
Descarrega csv

Mostrant els estats de transit del 1/1/2020

TRAM	01H	02H	03H	04H	05H	06H	07H	08H	09H	10H	11H	12H	13H
Diagonal (Ronda de Dalt a Doctor Marañón)	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid
Diagonal (Francesc Macià a Entença)	Molt fluid	Fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Sense dades	Molt fluid	Sense dades	Molt fluid	Molt fluid
Mitre (Pl. Lesseps a Balmes)	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Sense dades	Sense dades	Molt fluid	Fluid
Travessera de Gràcia (Pl. Francesc Macià a Aribau)	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Sense dades	Molt fluid	Molt fluid
Travessera de Gràcia (Aribau a Via Augusta)	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Sense dades	Molt fluid	Molt fluid
Diagonal (Pl. Francesc Macià a Balmes)	Fluid	Dens	Fluid	Fluid	Fluid	Molt fluid	Fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid
Diagonal (Balmes a Pl. Francesc Macià)	Fluid	Fluid	Fluid	Fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid
Diagonal (Balmes a Pl. Joan Carles I)	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid
Diagonal (Pl. Joan Carles I a Balmes)	Fluid	Fluid	Molt fluid	Fluid	Molt fluid	Molt fluid	Fluid	Sense dades	Sense dades	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid
Numància (Diagonal a Travessera de les Corts)	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid
Numància (Travessera de les Corts a Berini)	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid
Numància (Berini a Pl. Palau Catalans)	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid
Paral·lel (Tribuna de l'Estació a Pl. Diagonal)	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid	Molt fluid

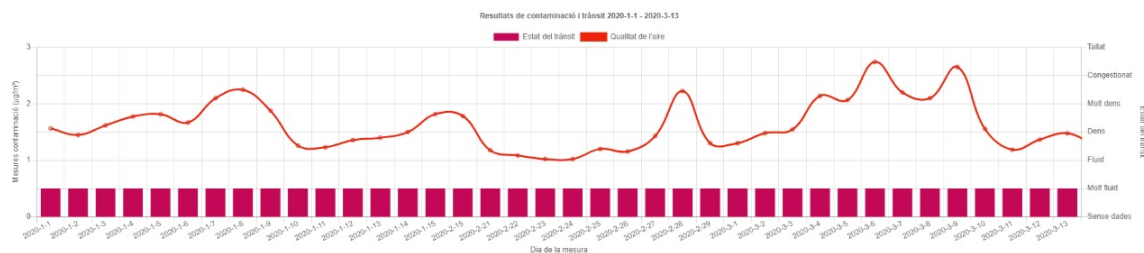
Descarrega csv

## A.5 Diagrama de la base de dades



## A.6 Resultats: contaminants sense variació en els resultats segons fase

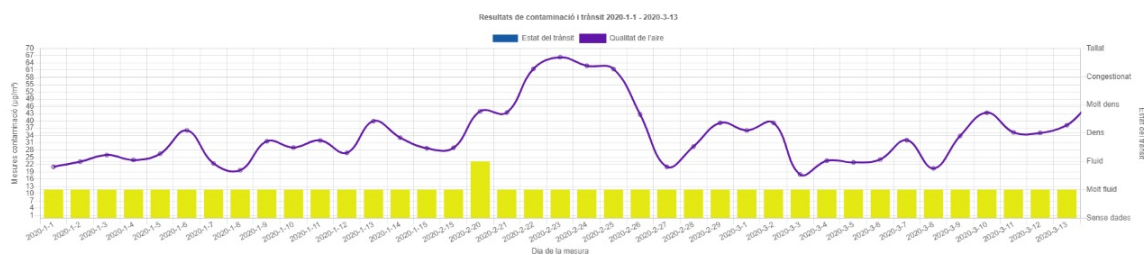
### SO<sub>2</sub>



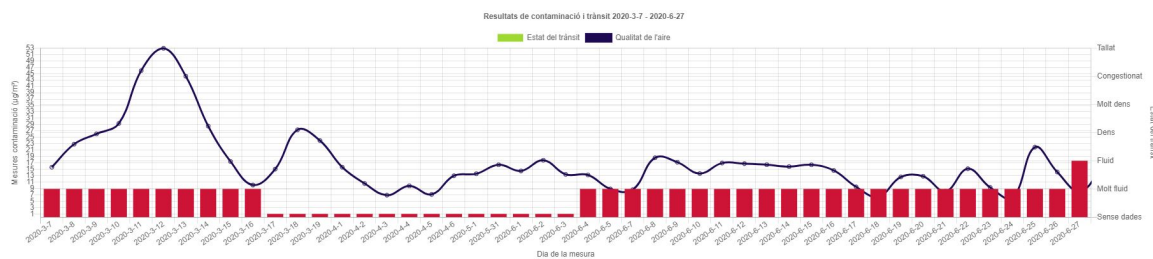
### CO



### O<sub>3</sub>



## A.7 Resultats: NO<sub>2</sub>



## A.8 Resultats: PM<sub>10</sub>

